



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 100 22 128 C 1**

⑥ Int. Cl.⁷:
H 05 F 3/02
H 02 H 9/04
F 03 D 11/00

⑳ Aktenzeichen: 100 22 128.9-33
㉔ Anmeldetag: 6. 5. 2000
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 12. 2001

DE 100 22 128 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Wobben, Aloys, 26607 Aurich, DE

⑦④ Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

⑦② Erfinder:
gleich Patentinhaber

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	44 36 290 C1
DE	44 36 197 C2
DE	198 26 086 A1
DE	195 01 267 A1
DE	44 45 899 A1
WO	96 07 825 A1
WO	00 14 405 A1

⑤④ **Windenergieanlage**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Windenergieanlage. Solche Windenergieanlagen modernen Typs, beispielsweise vom Typ E-40 oder E-66 der Firma Enercon, sind regelmäßig mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, welches beispielsweise aus der DE 4436197 bekannt ist.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden und insbesondere die Zahl der Störung an der Elektronik wegen der Überschläge an der Funkenstrecke zu minimieren.

Windenergieanlage mit einer Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung elektrostatischer Ladung von wenigstens einem Rotorblatt einer Windenergieanlage.

DE 100 22 128 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Windenergieanlage. Solche Windenergieanlagen modernen Typs, beispielsweise eine vom Typ E-40 oder E-66 der Firma Enercon, sind regelmäßig mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, welches beispielsweise aus der DE 44 36 197 C2 bekannt ist.

[0002] Aus DE 44 36 290 C1 ist eine Windkraftanlage mit Blitzschutz bekannt. Hierbei ist vorgesehen, dass zur Einrichtung eines Blitzschutzes an dem Turm der Windenergieanlage ein in Kontaktstellung mit einem in eine zum Turm parallele Lage gebrachtes Rotorblatt geerdeter Stromabnehmer angeordnet ist.

[0003] Aus DE 198 26 086 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Rotorblatts für Windkraftanlagen sowie ein Rotorblatt für Windkraftanlagen bekannt. Dieses Rotorblatt ist so ausgeformt, dass es gut Blitzströme ableiten kann.

[0004] Aus DE 195 01 267 A1 ist eine Windkraftanlage mit Blitzstromableitung bekannt.

[0005] Aus DE 44 45 899 A1 ist ebenfalls eine Windkraftanlage mit Blitzstromableitung bekannt. Die dort beschriebenen Rotorblätter weisen eine Leiterbahn aus leitendem Material auf, über die der einschlagende Blitz entladen werden kann.

[0006] Aus WO 00/14405 A1 ist eine Blitzschutzeinrichtung für ein Rotorblatt bekannt. Hierbei weist das Rotorblatt seiner Länge nach mehrere Streifen auf, die aus einem elektrischen leitenden Material bestehen.

[0007] Aus WO 96/07825 A1 ist ebenfalls eine Blitzschutzeinrichtung für ein Rotorblatt bekannt, welches ähnlich aufgebaut ist, wie in WO 00/14405 A1 offenbart.

[0008] Bei Blitzeinschlägen ist ein Blitzschutzsystem nach DE 44 36 197 C2 in der Lage, einen hohen (Blitz-)Strom aufzunehmen und über eine Funkenstrecke in den Turm und damit ins Erdreich (Erdungsanschluss) abzuleiten. Hierzu sei insbesondere auf die Fig. 1, 3 und 4 des vorstehenden Standes der Technik verwiesen, der ebenfalls auf den vorliegenden Anmelder zurückgeht. Dieses Blitzschutzsystem stellt sicher, dass der Blitzstrom nicht über die Rotorlager und auch nicht über die Hauptlager fließt. Dazu sind aber mindestens zwei Funkenstrecken erforderlich.

[0009] Es kann aber nachteilig bei einem solchen Blitzschutzsystem sein, dass sich das so galvanisch (elektrisch) getrennte Blitzschutzsystem der einzelnen Rotorblätter statisch aufladen kann. Diese elektrostatische Aufladung eines Rotorblattes entsteht durch die Luftreibung der rotierenden Rotorblätter des Rotors einer Windenergieanlage. Je nach Luftfeuchtigkeit bzw. anderer ungünstiger Witterungseinflüsse laden sich die Rotorblätter (bzw. deren Blitzschutzsysteme) schneller oder langsamer auf. Die statische Aufladung erfolgt solange, bis die Überschlagespannung der Luftstrecke erreicht wird. Dann erfolgt der Überschlag und das gesamte System bzw. die Rotorblätter entladen sich. Ein solcher Überschlag erzeugt elektromagnetische Wellen (EMV) mit einer extrem hohen Bandbreite, weil der Überschlag quasi in Form eines Impulses erfolgt, der idealerweise über eine extreme Bandbreite (idealerweise über eine unendliche Bandbreite) verfügt. Diese schlagartigen Entladungen, die nicht auf einen Blitzeinschlag wegen eines Gewitters, sondern von der elektrostatischen Aufladung der Rotoren herührt, stören die gesamte Elektronik der Windenergieanlage, die sich im Umfeld des Überschlages befindet, wie beispielsweise die Computer oder Mikroprozessoren, die ein einzelnes Rotorblatt steuern bzw. regeln. Betroffen sind aber auch andere elektronische Einrichtungen der Windenergieanlage, die sich in der Gondel oder in der Nähe der Funkenüberschlagsstrecke befinden. Durch das Aufladen der rotierenden Rotorblätter kommt es regelmäßig zu Überschlägen

an der Funkenstrecke mit ebenso regelmäßigen Störungen der Elektronik, was schon zum Schutze der gesamten elektronischen Anlageeinrichtungen nicht erwünscht ist.

[0010] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden und insbesondere die Zahl der Störungen an der Elektronik wegen der Überschläge an der Funkenstrecke zu minimieren.

[0011] Die Aufgabe wird mittels einer Windenergieanlage mit dem Merkmal nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0012] Die Erfindung beruht auf dem Vorschlag, die elektrostatischen Ladungen der Rotorblätter kontinuierlich zu entladen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Spannung an den Funkenstrecken kurz vor einem Überschlag je nach Feuchtigkeit leicht 20 bis 30 kV erreichen kann. Mithin muss die Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung (Entladeschaltung) der Rotorblätter im wesentlichen zwei Bedingungen erfüllen, nämlich erstens, die kontinuierliche Entladestrecke muss so niederohmig sein, dass eine statische Aufladung der Rotorblätter vermieden wird und zweitens muss sie in der Lage sein, einer Stoß-Spannung in Höhe von 30 kV und mehr zu widerstehen (solche Stoß-Spannungen stellen sich bei Blitzeinschlägen ein).

[0013] Es ist besonders zweckmäßig, wenn die Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung elektrostatischer Ladung der Rotorblätter aus einer Entladeschaltung besteht, die eine Reihenschaltung eines ohmschen Ableitwiderstandes und einer Induktivität aufweist. Dies ist in Fig. 1 dargestellt. Hierbei weist der Ableitwiderstand vorzugsweise einen Wert von ca. 50 k Ω und die Induktivität vorzugsweise einen Wert von 10 μ H oder mehr auf.

[0014] Während der statischen Entladung der Rotorblätter ist die Induktivität nicht in Funktion, da die Ableitströme einen Gleichstrom mit sehr kleiner Amplitude darstellen. Somit ist jedes Rotorblatt für die statische Entladung über einen Widerstand von ca. 50 k Ω mit dem Erdpotential verbunden, wenn die in Fig. 1 dargestellte Schaltung ein Rotorblatt mit dem Erdanschluss des Erdpotentials verbindet.

[0015] Im Falle eines Blitzeinschlages (aufgrund eines Gewitters) steigt die Spannung an der Funkenstrecke (die Entladungsschaltung nach Fig. 1) sehr hoch an. Die Höhe der Spannung ist von dem Abstand, dem Krümmungsradius der Kontaktpitzen und der Luftfeuchtigkeit abhängig. Die Induktivität begrenzt nun den Anstieg des Stromes, der durch den statischen Ableiter (R + L) fließt. Damit ist ein ausreichender passiver Schutz für den Ableitwiderstand gegeben.

[0016] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der ohmsche Widerstand durch einen Drahtwiderstand gebildet wird, und wenn dieser gleichzeitig aufgewickelt ist, können der ohmsche Widerstand wie auch die Induktivität sehr platzsparend gestaltet werden. Dies ist in Fig. 2 in einer Ansicht gezeigt. Hierbei sind fünf in Reihe geschaltete, gewickelte Drahtwiderstände dargestellt, die über entsprechende Zuleitungen verfügen.

[0017] Die Ausführung eines gewickelten Drahtwiderstandes hat den Vorteil, dass die gleiche Spannungsverteilung über die gesamte Länge der Widerstände gegeben ist.

[0018] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Ausbildung besteht in der sehr einfachen Lösung, die gleichwohl einen sehr wirksamen Schutz der gesamten Elektronik der Windenergieanlage gewährleistet und eine schlagartige (stoßartige) Entladung von elektrostatischen Ladungen mit Hilfe des beschriebenen Statikableiters gewährt.

[0019] Der Statikableiter (die Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung elektrostatischer Ladung) besteht letztlich aus einer einfachen elektrischen Impedanz mit einer ohmschen und einer induktiven Komponente und der Statikab-

leiter ist parallel zur Funkenstrecke angeordnet.

[0020] Fig. 3 zeigt die Anordnung des erfindungsgemäßen Statikableiters bei einer Windenergieanlage. Die hier dargestellte Windenergieanlage hat einen Maschinenträger, der eine Rotornabe, an der Rotorblätter angeordnet sind, sowie einen an die Rotornabe gekoppelten Generator aufnimmt. Der Maschinenträger 14 ist auf einem Turm 3 um eine lotrechte Achse drehbar angeordnet. Der Turm 3 ist in einem Fundament 4 verankert. Zur besseren Übersicht ist nur ein Rotorblatt 5 dargestellt. Die Spitze des Rotorblattes 5 ist als Aluminiumformteil 6 ausgebildet. Auf der Rotorblattwurzel 24 ist ein die Rotorblattwurzel 24 total umlaufender Aluminiumring 8 angeordnet. Stangenförmige Leitelemente 7, die in der Vorderkante und an der Hinterkante des Rotorblatts verlaufen, verbinden das Aluminiumformteil 6 der Spitze elektrisch leitend mit dem auf der Rotorblattwurzel 24 angeordneten Aluminiumring 8.

[0021] Im Bereich der Rotorblattwurzel 24 ist auf Höhe des Aluminiumrings 8 eine Fangstange 9 als Blitzableitungsorgan angeordnet. Die Fangstange 9 ist über einen Überleitungsvorsprung 11 einem elektrisch leitenden Ableitring bis auf einen vorbestimmten Abstand, z. B. 3 mm, angenähert. Mit ihrem dem Überleitungsvorsprung 11 abgewandten freien Ende ist die Fangstange 9 auf dem Aluminiumring 8 bis auf einen vorbestimmten, etwa gleichen Abstand angenähert.

[0022] Der geerdete Ableitring 10 ist coaxial zur Rotorwelle angeordnet. Somit ist die Annäherung des Überleitungsvorsprungs 11 während der vollständigen Drehung des Rotorblatts 5 gewährleistet.

[0023] Der Maschinendrehler 14 wird von einer zusätzlichen Fangstange 12 überragt, die an den Maschinenträger 14 mit einer elektrisch leitenden Verbindung 13 angeschlossen ist.

[0024] Zwischen dem Aluminiumring 8 und dem Blattadapter ist der Statikableiter leitend angeordnet. Hierüber kann die statische Ableitung der Rotorblätter wie vorbeschrieben erfolgen.

[0025] Ein Teil der in Fig. 3 dargestellten Ansicht ist in vergrößerter Form nochmals in Fig. 4 gezeigt.

6, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand aus einem Drahtwiderstand besteht.

8. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung elektrostatischer Ladung einerseits mit dem elektrischen Blitzableiteranschluss (8) des Rotorblattes und andererseits mit dem Anschluss (Blattadapter) des Rotorblattes elektrisch verbunden ist.

9. Windenergieanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Ladungen, die über die Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung elektrostatischer Ladung abgeführt werden, über die Nabe der Windenergieanlage abgeführt werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Windenergieanlage mit einer Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung elektrostatischer Ladung von wenigstens einem Rotorblatt einer Windenergieanlage.
2. Windenergieanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung aus einer Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes und einer Induktivität besteht und die Schaltung elektrisch das Rotorblatt mit einem Erdschluss verbindet.
3. Windenergieanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur kontinuierlichen Entladung parallel zu einer Funkenstrecke eines Blitzschutzsystems der Windenergieanlage geschaltet ist.
4. Windenergieanlage nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand einen Widerstand von wenigstens 10 k Ω , vorzugsweise 50 k Ω aufweist.
5. Windenergieanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Induktivität wenigstens 2 μ H, vorzugsweise größer als 10 μ H ist.
6. Windenergieanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Induktivität aus einem gewickelten Drahtwiderstand besteht.
7. Windenergieanlage nach einem der Ansprüche 2 bis



Fig. 1

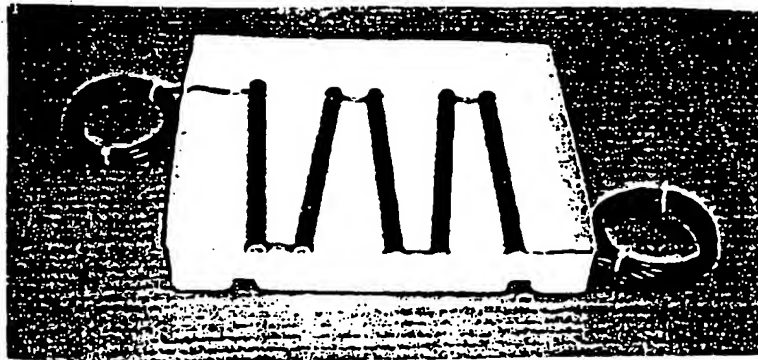


Fig. 2

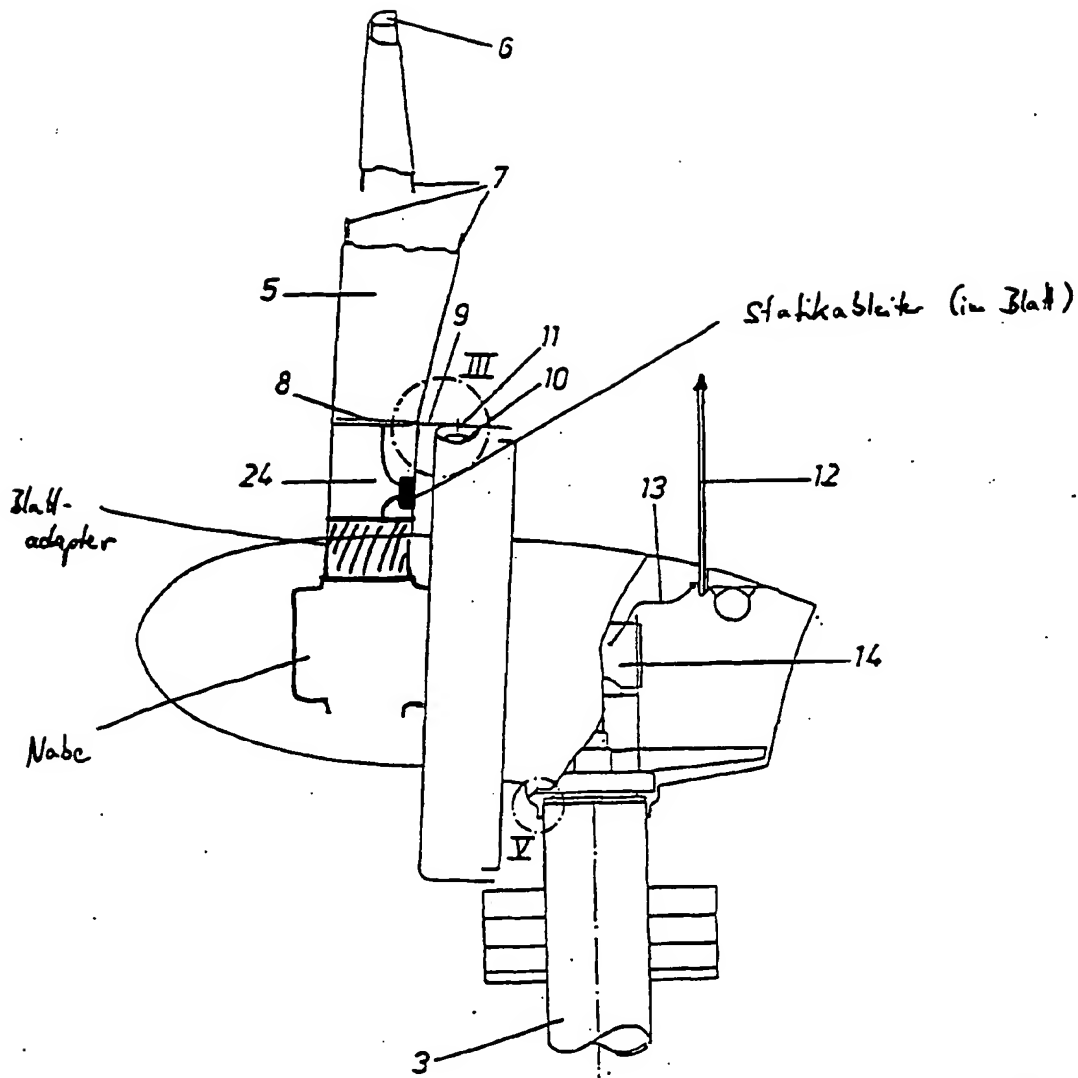


Fig. 3

